

De opwarming op Antarctica monitoren met satellieten

De polen spelen een sleutelrol in het klimaatsysteem en zijn zowel actoren als bijzonder gevoelig voor de effecten van de opwarming van de aarde. Het is derhalve van fundamenteel belang om ze van nabij op te volgen. Het enkele maanden geleden voltooide STEREO-project MIMO (Monitoring melt where Ice Meets Ocean) had tot doel de monitoring van de Antarctische ijskap te verbeteren in de context van een veranderende wereld. Met gebruikmaking van SAR-satellietbeelden (Synthetic Aperture Radar) heeft het project grote vooruitgang geboekt bij de kwantificering van parameters die in modellen worden gebruikt om het gedrag van ijskappen te voorspellen.

Fossiele energie, een dure luxe

Het gebruik van fossiele brandstoffen markeerde het begin van het Antropoceen. Hoewel hernieuwbare energiebronnen volop in ontwikkeling zijn, zijn fossiele brandstoffen, die broeikasgassen uitstoten, nog steeds goed voor meer dan 80% van het wereldwijde energieverbruik.

Met een bevolking van bijna 8 miljard (die nog steeds toeneemt) en een jaarlijkse CO₂-uitstoot (of equivalent) van ongeveer 6-7 ton per hoofd van de bevolking (stabiel sinds 1970), laat de mensheid een enorme voetafdruk na. De opwarming als gevolg van de toename van broeikasgassen, die nu al 125 jaar bekend is, is al lang niet meer alleen een theorie; wij nemen deze waar en ondervinden haar dagelijks.

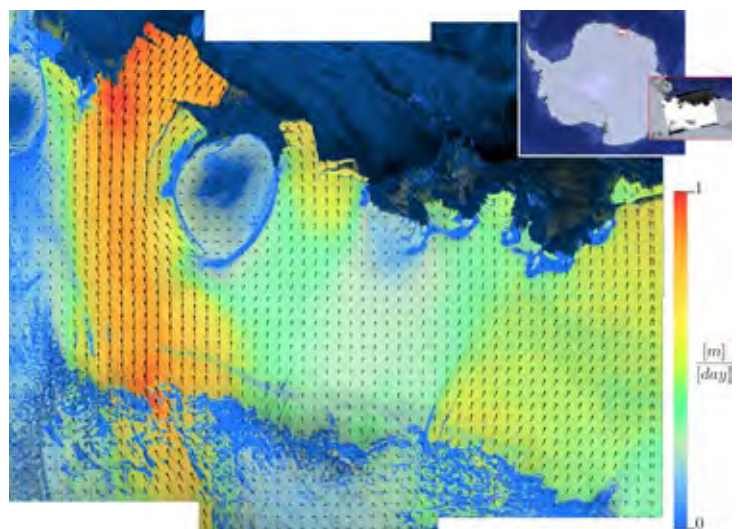
Overtollige ijsnelheden gemonitord door interferometrie

Verscheidene technieken die gebruik maken van SAR-beelden kunnen worden gebruikt om de verplaatsingen van ijsoppervlakken in kaart te brengen en hun snelheden te bepalen. Een van die technieken is interferometrie. Elke pixel van een SAR-beeld bevat amplitude-informatie, die verband houdt met de reflectiviteit van de grond, en fase-informatie, die verband houdt met de afstand tussen de satelliet en de grond. Een interferogram wordt verkregen door de fase van twee op verschillende tijdstippen genomen beelden af te trekken. Een verplaatsing zal een faseverschuiving in het interferogram veroorzaken.

De oceanen absorberen een groot deel van de opwarming en een van de meest zichtbare en directe gevolgen daarvan is de stijging van de zeespiegel, die verwoestend is omdat de meeste grote steden in kustgebieden liggen. De opwarming wordt nog versterkt in de poolgebieden en het passeren van kritieke omslagpunten zou kunnen leiden tot het onomkeerbaar smelten van de ijskappen (Groenland en Antarctica), waardoor de zeespiegel in de komende eeuwen verschillende meters zou kunnen stijgen.

Antarctica, een dam klaar om in te storten

Antarctica is de grootste ijsmassa op aarde, rustend op een rotsachtig continent. Onder invloed van de zwaartekracht verplaatst deze massa zich naar de oceaan. Wanneer het ijs in contact komt met de oceaan, begint het te drijven en vormt het een drijvende ijsberg. Deze platforms, die 70% van Antarctica omringen, spelen een belangrijke rol bij de stabiliteit van de ijskap. Zij worden beschouwd als de veiligheidsgordel en reguleren de ijsstroom door een zogenaamd steuneffect uit te oefenen (via plaatselijke spanningen in een baai of via topografische kenmerken).



Ijsverplaatsingssnelheden op de Koning Boudewijn-ijsplaat op basis van interferometrie.

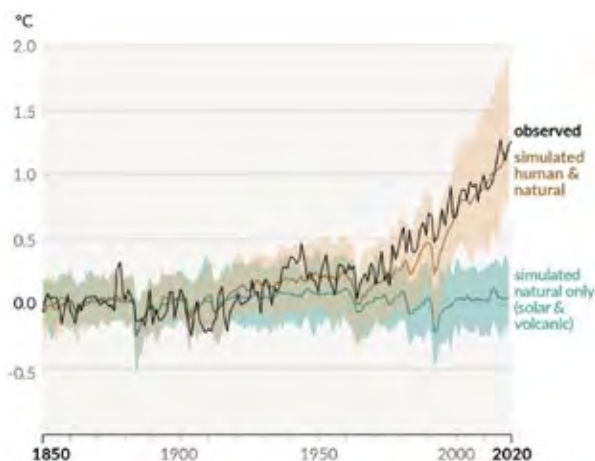
In evenwicht wint een ijsberg evenveel ijs als hij verliest. Als gevolg van factoren zoals toegenomen smelting aan de basis en afkalving door opwarming, komt deze stabiliteit in een toenemend aantal gebieden rond Antarctica in het gedrang. Het dunner worden of beschadigen van ijsplaten leidt tot een versnelling van de ijsstroming en een terugtrekking van de ankerlijn, de grens tussen drijvend ijs en ijs op het land.

Antarctica verliest steeds meer ijs, van 40 Gt/jaar in de jaren '80 tot 250 Gt/jaar in het laatste decennium. Antarctica is de grootste potentiële veroorzaker van zeespiegelstijging. Haar bijdrage, die 7% bedroeg voor de periode 1971-2011, is sinds 2016 opgelopen tot 14%.

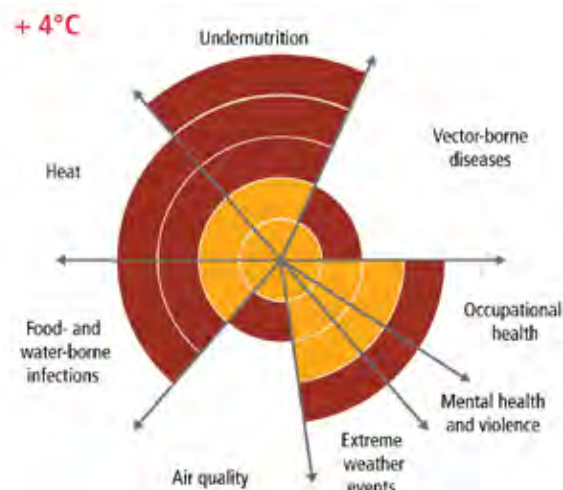
In tegenstelling tot andere ongunstige gebeurtenissen die door de opwarming van de aarde worden veroorzaakt, is de stijging van de zeespiegel op lange termijn onomkeerbaar en zal zij waarschijnlijk een volledige verschuiving in de geografische spreiding van de wereldbevolking teweegbrengen. Inzicht verkrijgen in de mechanismen van het gedrag van ijsplaten is dan ook van cruciaal belang voor het bestuderen van de effecten van klimaatverandering. Het MIMO-project is uit dit perspectief geboren.

SAR-teledetectie, een Zwitsers zakmes voor het monitoren van ijsplaten

De ijsplaten zijn onderhevig aan talrijke geofysische verschijnselen die hun gedrag bepalen en bijdragen tot hun destabilisatie. Sommige modellen trachten hun bewegingssnelheid en dikte te schatten op basis van visuele waarnemingen van schade in plaats van kwantitatieve metingen. Evenzo is de integratie van de voortplanting van crevassen niet gekoppeld aan waarnemingen. Veldcampagnes zijn inderdaad moeilijk op Antarctica; ze zijn beperkt tot de zomerperiodes door de koude en donkere winter, hun ruimtelijke dekking is vaak beperkt en hun resolutie puntsgewijs.



Waargenomen verandering van de mondiale oppervlaktetemperatuur, simulatie op basis van zowel menselijke als natuurlijke elementen en simulatie op basis van uitsluitend natuurlijke elementen. Bron: IPCC, 2021.



De gevolgen van de opwarming van de aarde zijn ontelbaar. Hierboven, een grafiek met de beoordeling van de risico's in verband met de opwarming van de aarde. Bron: IPCC AR5-rapport, 2014.

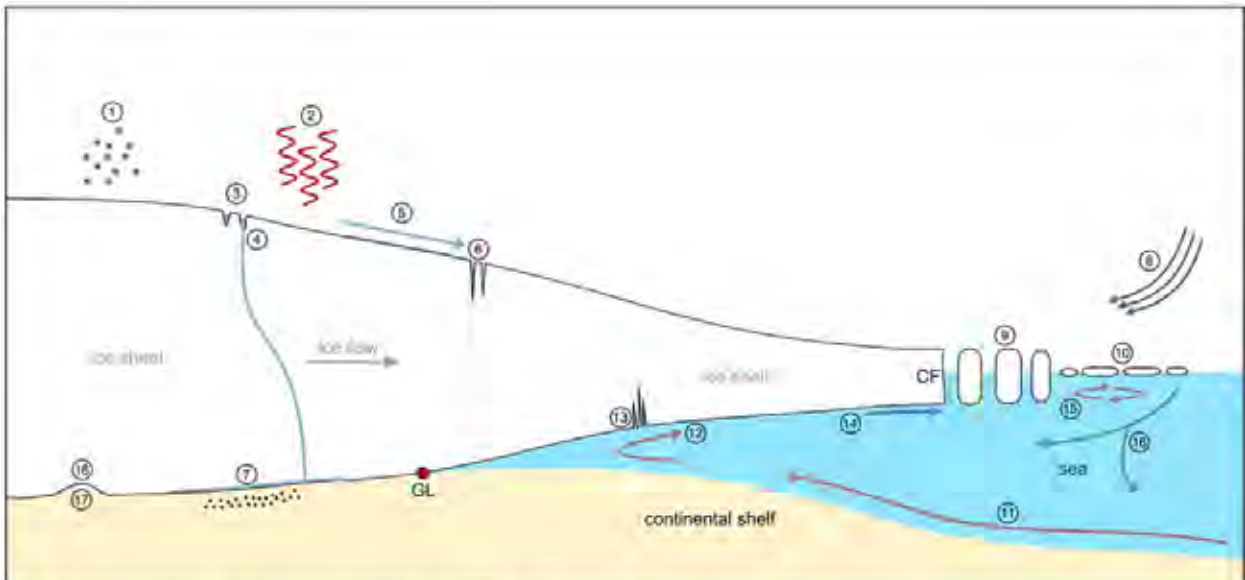
Dankzij het MIMO-onderzoek is het nu mogelijk om SAR-producten voor teledetectie te combineren met technieken die oorspronkelijk voor medische beeldvorming werden ontwikkeld en zo automatisch scheuren op te sporen en de plaats van het afkalvingsfront te monitoren (de grens tussen een ijsplaat en een ijsberg).

De techniek werd getest op de Pine Island-gletsjer, die te kampen heeft met een sterke dynamiek, grote ijsafkalvingen en een algemene terugtrekking van de ijsplaat. Het team gebruikte bijna 200 SAR-acquisities van de Sentinel-1 satelliet, van 2016 tot 2020, met een periode van 6 dagen tussen twee opeenvolgende beelden. De methode vereist een eerste stap die een robuuste reeks voorbewerkingen omvat met beeldkalibratie, log-transformatie om het contrast te verbeteren, speckle-filtering (ruisonderdrukking) en polaire stereografische projectie. Vervolgens wordt de SATO-filter, die wordt gebruikt bij medische 3D-beeldvorming en door het team is aangepast aan satellietgegevens, gebruikt om de pixels te detecteren die overeenkomen met beschadigde structuren. Door deze methode toe te passen op voorbewerkte beelden, konden uiteindelijk de plaats van scheuren en het afkalvingsfront bepaald worden, en werd het mogelijk om belangrijke gebeurtenissen te identificeren.

De techniek die door het MIMO-projectteam werd ontwikkeld is dan ook een belangrijke stap voorwaarts voor de monitoring van breuken en opent de deur naar kwantitatieve resultaten.

Als conclusie kan worden gesteld dat het MIMO-project heeft bijgedragen tot een beter begrip van de invloed van klimatologische factoren op de monitoring van de ijskappen. De studie van kleinschalige veranderingen (in ruimte en tijd) op ijsplaten is nu mogelijk dankzij de SAR-beelden en de ontwikkelde technieken.

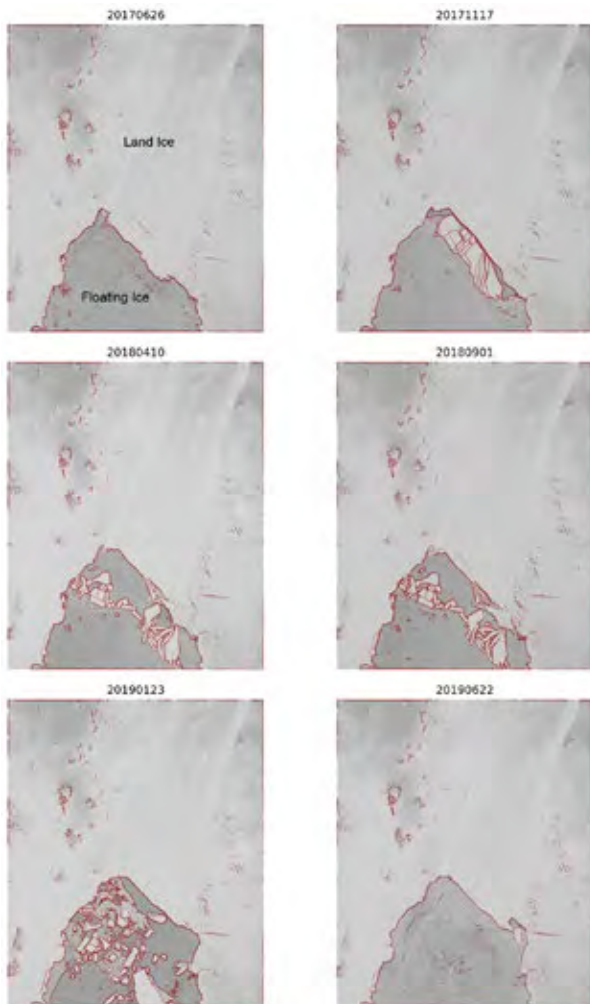
>>



Processes and features of an ocean-terminating outlet glacier system

- | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| ① Snow accumulation | ⑤ Surface melting | ⑧ Iceberg presence | ⑬ Basal crevassing | ⑰ Bedrock geometry | Disintegration scenario |
| ② Atmospheric warming | ⑥ Hydrofracturing | ⑩ Sea ice presence | ⑭ Basal refreezing | ⑱ Glacier geometry | |
| ③ Supraglacial lakes | ⑦ Basal conditions | ⑪ CDW upwelling | ⑮ Tidal mixing | GL = Grounding line | |
| ④ Moulin | ⑧ Wind conditions | ⑫ Basal melting | ⑯ High-salinity water | CF = Calving front | |

Voorbeelden van geofysische processen die van invloed zijn op ijsplaten: afkalven, hydrofracturing, crevassen, neerslag, oppervlakte-/basis-smelt, circumpolaire opwelling, katabatische wind, getijdenmenging, migratie van grondlijnen, enz. Bron: Dirscherl, M. et al (2020 - www.mdpi.com/2072-4292/12/7/1203).



Detectie van scheurgroei en afkalvingsfront uit de tijdreeks 2017-2020.

De resultaten die in het kader van het MIMO-project verkregen werden, dragen bij tot een beter algemeen begrip van de natuurwetenschappelijke aspecten van klimaatverandering. De wetenschappelijke publicaties die uit dit onderzoek zijn voortgevloeid, zijn reeds gebruikt bij de opstelling van officiële documenten, zoals het recente IPCC AR6-rapport, dat nodig is voor het uitwerken van technische documenten die de beleidsmakers helpen de juiste beslissingen te nemen met betrekking tot de Overeenkomst van Parijs.

Meer

Het STEREO-project MIMO (Monitoring melt where Ice Meets Ocean):

<https://eo.belspo.be/mimo>

Dit artikel kwam tot stand met de hulp van Quentin Glaude, doctoraatsassistent in het Laboratoire de Glaciologie van de Université libre de Bruxelles (ULB) en het Centre Spatial de Liège (CSL).